

Hybrider Mikrofluidik-Chip und Verfahren zu seiner Herstellung

Die Erfindung betrifft ein Mikrofluidik-System, bei dem als Trägersubstrat für z.B. der Manipulation, Selektion, den Transport und/oder Detektion von chemischen Verbindungen, Biomolekülen, Biomolekülkomplexen, biologischen Zellen oder Zellbestandteilen/-bruchstücken dienenden Elektroden sowie deren elektrische Anbindung herkömmliche Leiterplatten-Materialien wie z.B. FR4 (Epoxyd-Glasfasergewebe), FR5, Teflon und Polyimid verwendet werden. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung hybrider Mikrofluidik-Chips unter Verwendung konventioneller Leiterplatten und Mehrlagentechnik zur elektrisch aktiven Manipulation und Detektion von chemischen Verbindungen, Biomolekülen, Mikropartikeln oder biologischen Zellen.

Es ist bekannt, als Substrat für Mikrofluid-Materiallagen, in denen Mikrokanäle bildende Vertiefungen unterschiedlicher Tiefe ausgebildet sind, Silizium, Glass und Kunststoff zu verwenden. Diese Materialien lassen sich mittels (soft-) lithographischer Prozesse und/oder geeigneten Abformverfahren auf den Oberflächen gut beherrschbar und reproduzierbar strukturieren.

Die Ausbildung von elektrischen Verbindungsebenen ist auf bzw. in Silizium, Glass oder Kunststoff nur mit erhöhtem technologischen Aufwand möglich; dies gilt insbesondere dann, wenn mehrere elektrisch leitende Ebenen übereinander anzuordnen sind, was insbesondere bei komplexen Anforderungen erforderlich sein kann um ein effektives Routing der elektrischen Leiterbahnen zu ermöglichen.

Kostengünstige Substrate mit mehreren elektrisch leitenden (Leiterbahn-) Ebenen sind dagegen aus der konventionellen Platinentechnik bekannt. Die

- 2 -

irreversible mechanische Anbindung derartiger Multi-Layer-Platinen an eine Mikrokanal-Materiallage bereitet jedoch Schwierigkeiten.

5 Eine Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Kopplung von leicht handhabbaren mehrlagigen Platinensubstraten mit einer biokompatiblen Fluidiksubstratkomponente sowie einen derartig erstellten Mikrofluidik-Chip anzugeben.

10 Zur Lösung dieser Aufgabe wird mit der Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines hybriden Mikrofluidik-Systems vorgeschlagen, das versehen ist mit:

- einer Leiterplatine, die eine Polymer-Trägerschicht (Platinenmaterial) aufweist, wobei mindestens eine Seite der Trägerschicht mit einer elektrisch leitenden Schicht versehen ist, die mehrere Elektroden aufweist, und auf die elektrisch leitende Schicht unter Freilassung zumindest einer der
15 Elektroden eine oder mehrere photolithographisch bzw. mittels Elektronenstrahl strukturierbare Lack- bzw. Polymerschicht (-en) auf Acryl-, Epoxidharz-, Phenolharz-, Silikonharz- oder Fluorpolymerbasis aufgebracht ist, und
- einer oder mehrerer Mikrokanal-Materiallage(n) mit einer Außenseite, in
20 die Mikrokanäle bildende Vertiefungen eingebracht sind,
- wobei die Materiallage PDMS (Polydimethylsiloxan, SYLGARD®, DOW Corning), andere Organosiloxane sowie deren Polymerisationsprodukte, Silikone, Polyacrylate (wie z.B. PMMA), und/oder Elastomere mit sauerstoff- und/oder stickstoffhaltigen funktionalen Gruppen (z.B. Polysulfon, -imid, -carbonat und/oder -acrylnitril) aufweist,
25
- wobei die Vertiefungen aufweisende Außenseite der Mikrokanal-Materiallage die Photolackschicht der Leiterplatine derart kontaktiert, dass die mindestens eine Elektrode mit einer der Vertiefungen fluchtet und
- wobei die Außenseite der Materiallage fluiddicht mit der Lack- bzw. Polymerschicht der Leiterplatine verbunden ist.
30

- 3 -

In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Photo-
lackschicht das Epoxidharz SU-8® (MicroChem Corp.), Bisbenzocyclobuten
(Cycloten®, DOW) oder CYTOP® (Cyclic Transparent Optical Polymer, Asahi
Glass Company) aufweist.

5

Schließlich kann vorteilhafterweise die fluiddichte Verbindung zwischen der
Außenseite der Mikrokanal-Materiellage und der Lack- bzw. Polymerschicht der
Leiterplatine Plasma und vorzugsweise Sauerstoffplasma unterstützt sein.

10 In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die
Leiterplatine auf der mindestens eine ihrer beiden Seiten eine mehrlagige
elektrisch leitende Schicht mit mehreren gegeneinander elektrisch isolierten
elektrisch leitenden Schichten aufweist, von denen die oberste die Elektroden
aufweist.

15

Ferner ist es von Vorteil, wenn bei dem erfindungsgemäßen System die Leiter-
platine beidseitig mit jeweils einer ein- oder mehrlagigen elektrisch leitenden
Schicht versehen ist und Durchkontaktierungsöffnungen zur elektrischen Ver-
bindung der elektrisch leitenden Schichten aufweist.

20

Schließlich kann mit Vorteil vorgesehen sein, dass die Leiterplatine zur
Fluidanbindung der Mikrokanäle mindestens einen Fluidkanal aufweist, der sich
von der mit der Mikrokanal-Materiellage verbundenen einen Seite der Leiter-
platine zu deren gegenüberliegenden anderen Seite erstreckt.

25

Als besonders vorteilhafte Materialkombination hat sich SU-8® als Photolack-
schicht und PDMS als Mikrokanal-Materiellage herausgestellt.

30

Die Erfindung betrifft insbesondere rekonfigurierbare (d.h. schaltbare) Elektro-
denanordnungen auf mehrlagigen PCBs (Printed Circuit Boards), die durch eine
oder mehrere dünne, lithografisch strukturierbare Polymerschichten (z.B.
Photoresist SU-8®) versehen sind und als Substrat für Mikrofluidik-Systeme

- 4 -

eingesetzt werden. Die Polymerschichten fungieren als biokompatible, planarisierende und anderweitige physikalische Schutz- und/oder Trennschichten, sowie als haftvermittelndes Substrat zur PDMS-Fluidikebene und können zusätzlich als strukturierbares Material zur Erzeugung von Mikrokanälen in der Mikrofluidik und Lötstopmmaske für die Bestückung des Platinenmaterials mit elektronischen Bauelementen dienen. Mit anderen Worten wird also die Fluidikebene nicht notwendigerweise durch die Mikrokanallage allein sondern zusätzlich auch durch entsprechende Strukturen in der Fotolackschicht bestimmt.

Mit der Konzeption hybrider Biochips auf PCB-Basis ist es erstmalig gelungen, mikrofluidische Komponenten mit mehreren elektrischen Layern zu kombinieren. Derartige Biochips erlauben die online gesteuerte Manipulation von elektrisch geladenen Molekülen und Mikropartikeln bei gleichzeitiger optischer Überwachung. Letzteres bildet die Grundlage zur on-chip Integration biochemischer Standardverfahren wie z.B. der Hybridisierung und Amplifikation von Nukleinsäuren. Der Biochip auf der Basis konventioneller Leiterplattentechnik eröffnet somit neue Anwendungsfelder in den Bereichen der biomolekularen Diagnostik und kombinatorischen Chemie bis hin zur Mikroreaktionstechnik und evolutiven Biotechnologie.

Integrierte Anwendungen auf Biochips in der Biotechnologie sind derzeit limitiert durch zeitaufwändige Entwicklungszyklen zur Herstellung anwendungsspezifischer Systeme. Vom Nutzer programmierbare Biochips ermöglichen mittels digital gepulsten Mikroelektroden einen effizienten Transport von Biomolekülen (DNA, Proteine etc.) über Mikrofluidikkanäle sowohl zu on-chip integrierten Mikroreaktoren als auch Detektionsorten, wobei sich die Biomoleküle mittels laserinduzierter Fluoreszenzdetektion verfolgen lassen.

Diese hybriden Biochips wurden bisher mittels kostenintensiver Halbleitertechnologischer Herstellungsverfahren gefertigt, da sich die für mikrofluidische An-

wendungen typischen Strukturgrößen mit etablierten Verfahren der Mikrosystemtechnik erfolgreich realisieren ließen.

5 Eine Vielzahl von - hauptsächlich auf Basis von Silizium, Glas oder Polydimethylsiloxan (PDMS) gefertigten - Mikrosystemen mit meist einer mikrofluidischen und/oder elektrischen Ebene zeugen von dieser Entwicklung. Für den elektrokinetischen Molekültransport innerhalb dieser fluidischen Systeme wird jedoch zunehmend eine hohe Anzahl von on-chip Mikroelektrodenanordnungen benötigt, da die Aktorelektroden auf der Chipkomponente einzeln angesteuert
10 werden müssen. Letzteres macht das Routing der erforderlichen Leiterbahnen auf nur einem elektrischen Layer sehr aufwändig und schränkt die Skalierbarkeit der Integration enorm ein.

15 Um dieses Problem zu vermeiden, wird das halbleitertechnologisch prozessierte Siliziumsubstrat erfindungsgemäß durch ein PCB ersetzt. Damit lassen sich kostengünstig mehrere elektrische Lagen realisieren, die es ermöglichen, die Mikroelektroden effektiv zu kontaktieren. Diese neuartigen Low-Cost-Biochips enthalten eine mikrofluidische Komponente aus vorzugsweise (transparentem) PDMS und eine Leiterplatine mit vorzugsweise mehreren elektrischen
20 Ebenen zur einfachen und skalierbaren Kontaktierung der Mikroelektroden auf der Oberseite der elektrischen Layer.

Folgende Ausführungsvarianten der erfindungsgemäßen hybriden PCB-Chips sind beispielsweise möglich:

- 25
1. Mehrlagiges PCB-Substrat mit einer oder mehreren Durchgangsbohrung (-en) zur Kontaktierung der Mikrokanal-Materiallage in PDMS bzw. o.g. Materialien auf der Oberseite des Chips.
 - 30 2. Mehrlagiges PCB-Substrat mit einer oder mehreren Durchgangsbohrungen zur Kontaktierung der Mikrokanal-Materiallagen in PDMS bzw. o.g. Materialien auf der Ober- und Unterseite des Chips.

- 6 -

3. Mehrlagiges PCB-Substrat mit einer oder mehreren Durchgangsbohrungen und mit einer oder mehreren Mikrokanal-Materiallagen in PDMS bzw. o.g. Materialien und mit einer Mikrokanäle aufweisenden Polymerschicht (z.B. SU-8) auf der Oberseite des Chips.

5

4. Mehrlagiges PCB-Substrat mit Durchgangsbohrungen und zwei Mikrokanal-Materiallagen in z.B. PDMS und einer Mikrokanalstruktur in z.B. SU-8 auf der Oberseite des Chips.

10

5. Mehrlagiges PCB-Substrat mit Durchgangsbohrungen und zwei Mikrokanal-Materiallagen in z.B. PDMS und zwei Mikrokanalstrukturen in z.B. SU-8 auf der Ober- und Unterseite des Chips.

15

Die Herstellung des erfindungsgemäßen hybriden Biochips besteht z.B. aus einer Kombination von an sich bekannten Strukturierungs- und Abformverfahren der Mikrosystemtechnik.

20

25

30

Aus konventionellen Methoden wurden mit dem Substrat Polyimid als biokompatibles Leiterplatten-Basismaterial symmetrisch konzipierte, vierlagige Platinen gefertigt, die ein oder mehrere Chips mit Abmessungen von 2,8 cm x 3,2 cm enthalten. Dieses Format wurde gewählt, um etablierte Lithographieprozesse analog der etablierten 4"-Wafertechnologie zu nutzen. Die Durchkontaktierungen (Vias) zur Verbindung der einzelnen elektrischen Lagen wurden sowohl durch mechanische als auch Laserbohrungen realisiert. Die Kupferleiterbahnen (Dimensionen: Höhe 17,5 µm, Breite 100 µm) und die Elektroden wurden mit einer chemisch inerten Goldschicht bedeckt, um eine gute Kompatibilität mit den biochemischen Lösungen zu gewährleisten. Daran schließt sich die Beschichtung und lithographische Strukturierung der Polymerschicht an, welche zum einen zur kompletten Planarisierung der PCB-Oberfläche dient, die Leiterbahnen von den Fluidikkanälen isoliert und zum anderen durch selektive Öffnung (Strukturdimension 60 µm x 60 µm) den Kontakt der Elektroden zu den mikrofluidischen Kanälen definiert. Als Polymer wurde SU-8

- 7 -

(microresist technologies, Berlin) verwendet, welches sich photolithografisch mit einem exzellenten Aspektverhältnis strukturieren lässt und sich nicht zuletzt durch seine biokompatiblen Eigenschaften für (Bio)MEMS-Anwendungen hervorragend eignet.

5

Die Fabrikation der mikrofluidischen Layer erfolgt mittels Mikroabformung von einem vorab erzeugten Master. Hierzu werden drei Strukturebenen in SU-8 auf einem Siliziumsubstrat erzeugt, aus der nach Abformung mit PDMS (Sylgard 184, Dow Corning) jeweils drei diskrete Kanaltiefen resultieren. Entsprechend
10 Bild 2 wird anschließend die in PDMS erzeugte Mikrofluidik durch ein plasmaunterstütztes Bondverfahren dauerhaft und irreversibel mit der auf dem Elektrodenlayer zuvor aufgetragenen Polymerschicht verbunden. Nach anschließender Vereinzelung der Chips wurden diese mittels Standard-Reflow-Technik mit einem programmierbaren Logikchip (z.B. FPGA, CPLD, μ C) be-
15 stückt, der als Schnittstelle die Kommunikation zum externen Steuerrechner herstellt und die digitale elektrische Kontrolle der Aktorelektroden übernimmt.

Die wesentlichen neuen Aspekte der Erfindung lassen sich wie folgt stichpunktartig zusammenfassen:

20

Konzept

- Ersetzung der Standard-Siliziumtechnologie durch Leiterplatten als Basismaterial für mikrofluidische Anwendungen,
- 25 - dadurch:
 - kostengünstige Fertigung von elektrisch aktiven Biochips (siehe Fig. 1),
 - vereinfachtes Routing hochintegrierter Schaltungen durch mehrlagige PCBs,
 - 30 - zusätzliche Fluidikebenen durch eingebrachte, lithografisch strukturierbare Polymerschicht

Integrale Bestandteile (siehe Fig. 2)

- mehrlagige Leiterplatine als Basismaterial (hier im 100 µm-Design),
- lithografisch strukturierbare Polymerbeschichtung (hier SU-8),
- 5 - Fluid-Materiallage basierend auf Organosiloxane sowie deren Polymerisationsprodukte, Silikone, Polyacrylate (wie z.B. PMMA) und/oder Elastomere mit sauerstoff- und/oder stickstoffhaltigen funktionalen Gruppen (z.B. Polysulfon, -imid, -carbonat und/oder -acrylnitril (hier PDMS),
- programmierbarer Logikchip zur Steuerung der Elektroden auf dem Chip
- 10 (z.B. FPGA, CPLD, µC),
- Connector-Pad (zur externen Spannungsversorgung)
- Fluidik-Steganbindung (zur Befüllung der Mikrokanäle)

Aufgabe der Leiterplatine

- 15 - ist Basismaterial (hier gefertigt aus Polyimid-Verbundmaterial),
- kostengünstige Standardfertigung erlaubt mehrere elektrische Ebenen; individuelle Kontaktierung der Elektroden mit geringem Routingaufwand,
- oberster Layer (Elektroden) stellt Kontaktierung zur Fluidik dar,
- 20 - fungiert als fluidische Durchkontaktierung zur externen Fluidikanbindung

Aufgaben Polymerschicht(-en)

- planarisiert die Oberfläche der Leiterplatine,
- 25 - ermöglicht eine vom Platinendesign unabhängige Strukturgröße der Elektroden,
- isoliert die Leiterbahnen gegenüber den Fluid-Kanälen,
- ermöglicht ein homogenes Bondverhalten vom PDMS gegenüber dem Platinmaterial,
- 30 - dient als Lötstopmmaske bei der weiteren Verarbeitung
- dient als anderweitige physikalische Schutz- und/oder Trennschichten

Aufgaben der Fluid-Materiallage (PDMS)

- 9 -

- Fertigung im Negativ-Abformverfahren (Softlithographie) mit Hilfe eines Masters,
- ist biokompatibel,
- 5 - kann selbst mehrere fluidische Ebenen enthalten,
- besitzt sehr gute optische Eigenschaften zur Online-Überwachung

Aufgaben programmierbarer Logikchips (z.B. FPGA, CPLD, μ C)

- 10 - übernimmt die Ansteuerung der Elektroden (beispielsweise für den elektrokinetischen Transport von Biomolekülen in den mikrofluidischen Kanälen),
- stellt die Schnittstelle zum über die elektrische Steckverbindung angeschlossenen, externen Rechner dar

15

Zusammenfassung der wesentlichen Aspekte der Erfindung

- Leiterplatine als Basismaterial ermöglicht es erstmalig, mehrere elektrische Layer auf hybriden Biochips zu integrieren,
- 20 - einfaches Routing komplexer Schaltungen bei nahezu beliebiger Skalierbarkeit,
- über die für die Anwendung angepasste Polymerschicht ist die vertikale Integration von mikrofluidischen Komponenten und elektrischen Layern auf Platinenbasis möglich.

25

ANSPRÜCHE**1. Mikrofluidik-System mit**

- einer Leiterplatine, die eine Polymer-Trägerschicht (Platinenmaterial) aufweist, wobei mindestens eine Seite der Trägerschicht mit einer elektrisch leitenden Schicht versehen ist, die mehrere Elektroden aufweist, und auf die elektrisch leitende Schicht unter Freilassung zumindest einer der Elektroden eine oder mehrere photolithographisch bzw. mittels Elektronenstrahl strukturierbare Lack- bzw. Polymerschicht(-en) auf Acryl-, Epoxidharz-, Phenolharz-, Siliconharz- oder Fluorpolymerbasis aufgebracht ist, und
- einer oder mehrerer Mikrokanal-Materiallage(n) mit einer Außenseite, in die Mikrokanäle bildende Vertiefungen eingebracht sind,
- wobei die Materiallage PDMS (Polydimethylsiloxan, SYLGARD®, DOW Corning), andere Organosiloxane sowie deren Polymerisationsprodukte, Silikone, Polyacrylate (wie z.B. PMMA), und/oder Elastomere mit sauerstoff- und/oder stickstoffhaltigen funktionalen Gruppen (z.B. Polysulfon, -imid, -carbonat und/oder -acrylnitril) aufweist,
- wobei die Vertiefungen aufweisende Außenseite der Mikrokanal-Materiallage die Photolackschicht der Leiterplatine derart kontaktiert, dass die mindestens zwei Elektroden mit jeweils einer der Vertiefungen fluchtet und
- wobei die Außenseite der Materiallage fluiddicht mit der Lack- bzw. Polymerschicht der Leiterplatine verbunden ist.

2. Mikrofluidik-System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Photolackschicht das Epoxidharz SU-8® (MicroChem Corp.), Bisbenzocyclobuten (Cycloten®, DOW) oder CYTOP® (Cyclic Transparent Optical Polymer, Asahi Glass Company) aufweist.**3. Mikrofluidik-System nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Herstellung einer fluiddichten Verbindung zwi-**

schen der Außenseite der Mikrokanal-Materiallage und der Lack- bzw. Polymerschicht der Leiterplatine Plasma unterstützt ist.

4. Mikrofluidik-System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterplatine auf der mindestens eine ihrer beiden Seiten eine mehrlagige elektrisch leitende Schicht mit mehreren gegeneinander elektrisch isolierten elektrisch leitenden Schichten aufweist, von denen die oberste die Elektroden aufweist.
5. Mikrofluidik-System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterplatine beidseitig mit jeweils einer ein- oder mehrlagigen elektrisch leitenden Schicht versehen ist und Durchkontaktierungsöffnungen zur elektrischen Verbindung der elektrisch leitenden Schichten aufweist.
6. Mikrofluidik-System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterplatine zur Fluidanbindung der Mikrokanäle mindestens einen Fluidkanal aufweist, der sich von der mit der Mikrokanal-Materiallage verbundenen einen Seite der Leiterplatine zu deren gegenüberliegenden anderen Seite erstreckt.
7. Mikrofluidik-System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass in die Polymer-Trägerschicht bzw. in mindestens eine der Polymer-Trägerschichten Mikrokanäle bildende Vertiefungen ausgebildet sind, und zwar vorzugsweise durch lithographische Strukturierung.
8. Verfahren zum Herstellen eines Mikrofluidik-Systems, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit den folgenden Schritten:
 - Bereitstellen einer Leiterplatine, die eine Polymer-Trägerschicht (Platinenmaterial) aufweist, wobei mindestens eine Seite der Trägerschicht mit einer elektrisch leitenden Schicht versehen ist, die mehrere Elektroden aufweist,

- 12 -

- Aufbringen einer oder mehrerer Lack- bzw. Polymerschicht(en) auf Acryl-, Epoxidharz-, Phenolharz-, Silikonharz- bzw. Fluorpolymerbasis,
- Strukturieren der Lack- bzw. Polymerschicht(en), und zwar fotolithographisch bzw. mittels Elektronenstrahl, zur Erzeugung von in der Lack- bzw. Polymerschicht(en) freigelegten Elektroden,
- Bereitstellen einer oder mehrerer Mikrokanal-Materiallage(n) mit jeweils einer Außenseite, in die Mikrokanäle bildende Vertiefungen eingebracht sind, und
- Verbonden der Außenseite jeder Mikrokanal-Materiallage mit einer der Lack- bzw. Polymerschicht(en) auf der Leiterplatine zum fluiddichten Verbinden beider, wobei mindestens zwei der Elektroden mit jeweils einer der Vertiefungen der Mikrokanal-Materiallage(n) fluchtet.

- 1/2 -

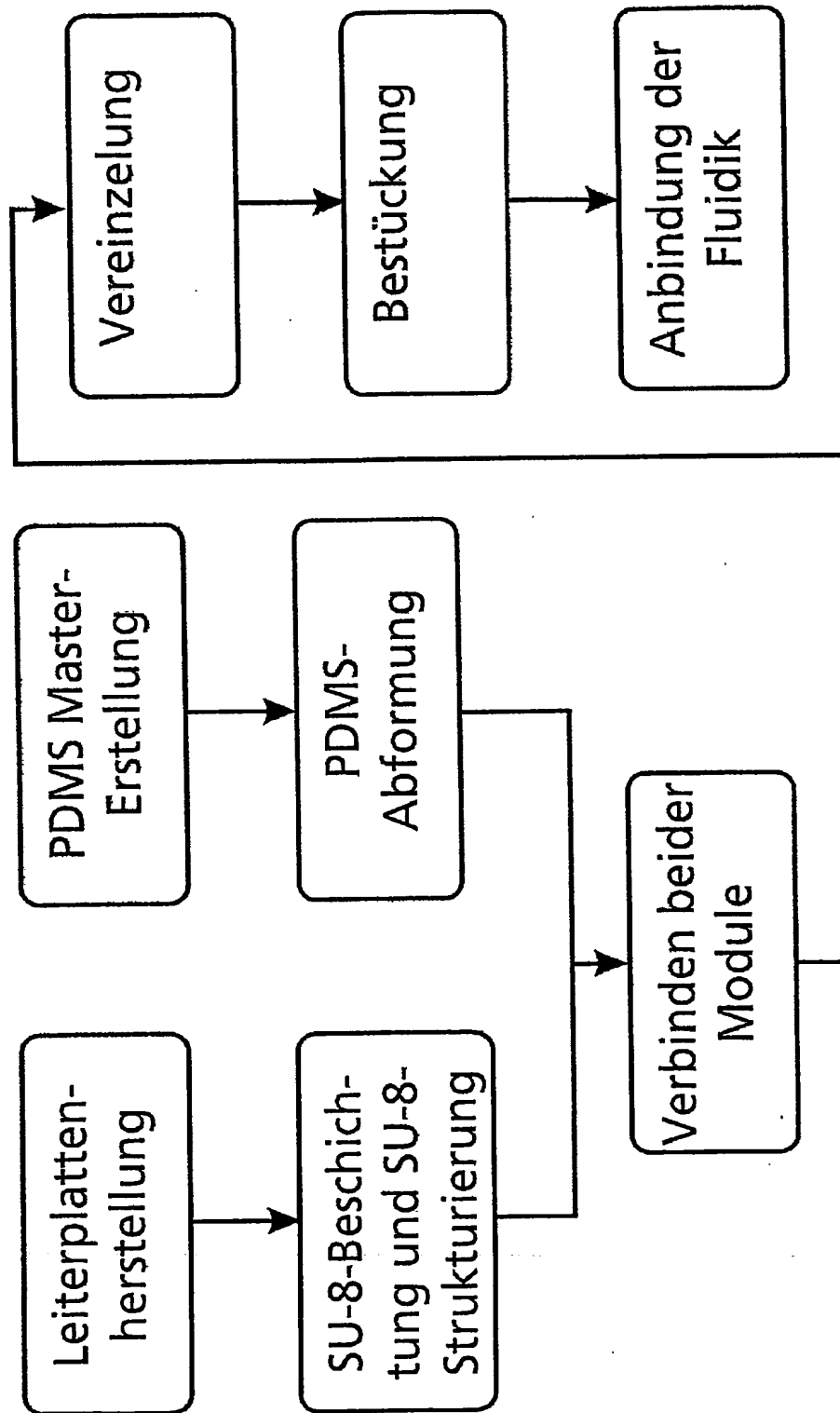


Fig.1

- 2/2 -

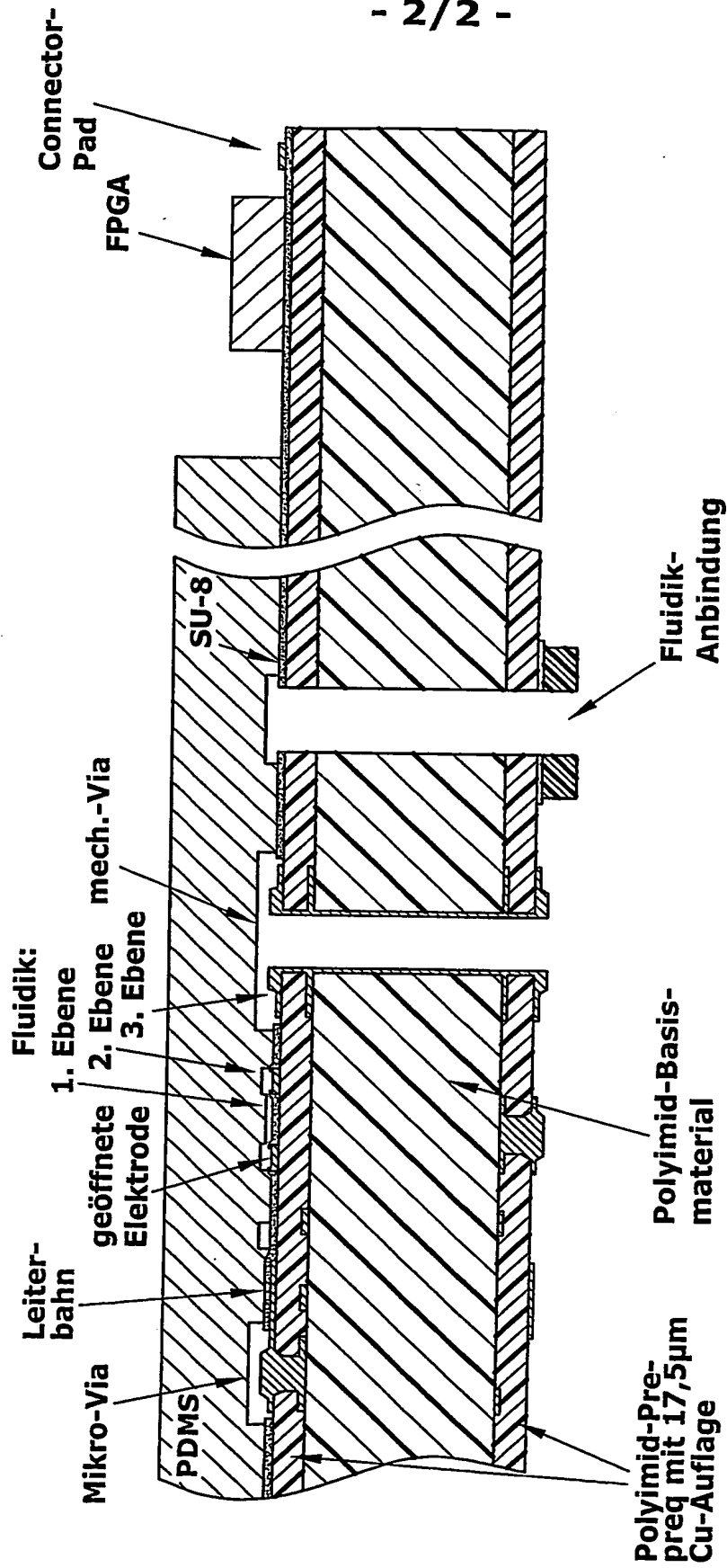


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/EP2004/013361

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 B01L3/00 B81C1/00				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 B01L B81C H01L				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched				
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
A	US 6 548 895 B1 (BENAVIDES GILBERT L ET AL) 15 April 2003 (2003-04-15) column 7, line 41 - column 9, line 6 -----	1,8		
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.				
* Special categories of cited documents :				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family </td> </tr> </table>			*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search <div style="text-align: center; font-weight: bold;">31 January 2005</div>		Date of mailing of the international search report <div style="text-align: center; font-weight: bold;">10/02/2005</div>		
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer <div style="text-align: center; font-weight: bold;">Tragoustis, M</div>		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/013361

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 6548895	B1	15-04-2003	US 6821819 B1	23-11-2004

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/013361

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B01L3/00 B81C1/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B01L B81C H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 548 895 B1 (BENAVIDES GILBERT L ET AL) 15. April 2003 (2003-04-15) Spalte 7, Zeile 41 - Spalte 9, Zeile 6 -----	1,8

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

31. Januar 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/02/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Tragoustis, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/013361

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6548895 B1	15-04-2003	US 6821819 B1	23-11-2004